Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 4, Winter 2024, p. 1115-1134

The Effect of Coating with Pomegranate Peel and Tomato Seedlings Extracts on the Phytochemical Traits and Maintaining the Quality of Strawberry Fruits cv. Paros During Cold Storage

S. Shirani Rad[1], M. Sayyari[2*], M.A. Zolfigol[3]

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor of Horticultural Science Department, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.sayyari@basu.ac.ir)
3- Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received:	18-03-2023	**How to cite this article:**
Revised:	16-08-2023	Shirani Rad, S., Sayyari, M., & Zolfigol, M.A. (2024). The effect of coating with pomegranate peel and tomato seedlings extracts on the phytochemical traits and maintaining the quality of strawberry fruits cv. Paros during cold storage. *Journal of Horticultural Science, 37*(4), 1115-1134. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81683.1249
Accepted:	22-08-2023	
Available Online:	24-08-2023	

Introduction

Horticultural waste is one of the top challenges these days. As the population increases, food loss and waste, which has a serious impact on the environment and human health. Horticultural waste is rich in nutrients, polysaccharides and antimicrobial compounds that can be used in the production of edible coatings. Edible coatings protect fruit from nutrient and mineral loss and extend shelf life. Strawberry fruit is one of the commercial horticultural crops because it contains important and diverse sources of natural antioxidants, flavonoids, phenolic acids and minerals. However, the fruit is highly perishable due to its high respiratory rate and metabolic activity, soft texture and lack of protective skin, which can lead to moisture loss, mechanical damage and fungal damage during harvesting, handling and packing. It is estimated that approximately 30% of strawberry fruit is wasted during the post-harvest stage before reaching the consumer. Therefore, reducing the destruction rate of its quantitative and qualitative properties is considered one of the most important challenges. Plant Extract Edible Coating (PEEC) is an environmentally friendly edible coating. Like other edible coatings, PEEC is a thin layer of material applied to the surface of a product. Pomegranate peel extract has biological activities such as antibacterial, antiviral, antioxidant, anti-inflammatory, and antifungal. This extract was used alone or in combination with other post-harvest treatments to preserve product quality. Tomatoes contain secondary metabolites called steroidal glycoalkaloids. These compounds primarily act as crop protection agents against insects, bacteria, parasites, viruses and fungi. This study evaluated the efficacy of pomegranate peel extract and tomato seedlings in maintaining strawberry fruit quality during cold storage and reducing post-harvest waste.

Materials and Methods

Healthy fruits with uniform size, shape, and color were carefully selected from strawberries harvested from an orchard in Kamyaran, Kurdistan. We conducted a study to investigate the effects of coating these strawberries with pomegranate peel extract (1%) and tomato seedling extract (1%) on their physiological and qualitative responses. The fruits were coated with the respective plant extracts and subsequently stored at 4 ± 1°C and 90–95% relative humidity for a duration of 15 days. Strawberry quality was analyzed on the first day of storage and on days 5, 10 and 15. Various qualitative factors such as weight loss, firmness pH, total soluble solids content, titratable acidity, total phenolic content, total anthocyanin content, total antioxidant activity, total flavonoid content, ascorbic acid, color and decay severity were evaluated. Statistical analysis of the data was performed

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81683.1249

using SAS (version 9.4) and mean comparisons were performed using the Duncan multiple range test.

Results and Discussion

The study on the property retention and long-term cold storage time of pomegranate peel and tomato seedling extracts coating showed that a concentration of 1% of the extracts used have a significant effect on strawberry fruit quality and phytochemical parameters. It was shown to have a significant impact on strawberry fruit quality and phytochemical parameters, improving compared to the control treatment during cultivation. Weight loss increased with all treatments during storage. After 5 days of storage, no differences between treatments were discernible, but at the end of storage all treatments showed a clear decrease in fruit weight. Pomegranate peel and tomato seedling extracts reduced weight loss by 12% and 15%, respectively, while the control significantly reduced weight loss by 26%. Despite the decrease in fruit tissue firmness during storage, the firmness of the plant extract-coated fruit was maintained and significantly different from the control. PH remained at low levels for all treatments compared to controls. The total acid and total soluble solids content of the fruit are affected by the treatments considered, the storage, and the combination of times and treatments. The total content of phenolic compounds reached 223 mg gallic acid and 236 mg gallic acid per 100 g fresh weight on the 10th and 15th storage days after treatment with pomegranate peel extract. For tomato seedling extract, this corresponds to 207 mg and 182 mg gallic acid per 100 g fresh weight. The total anthocyanin content in all fruits decreases with increasing storage time, but this trend increases after 10 days when tomato seedlings are treated. In all fruits, various treatments increase anthocyanin levels throughout the storage time. ANOVA of antioxidant activity showed no significant effects on treatment-independent and chronotherapy-interaction effects, while the time-independent effect showed a significant effect at 5%. The greatest antioxidant activity is associated with pomegranate peel extract. The frequency of this feature in treatment decreased with increasing storage time. During the treatment period, there was a progressive increase in antioxidant activity from the 10th to the 15th day, demonstrating a significant difference compared to the beginning of the treatment. Average comparison results revealed a slight but significant difference in the treatments concerning flavonoid content. Analysis of variance and comparison of mean results indicated a significant difference in ascorbic acid content during storage among the different treatments. Color indices remained consistent across all treatments. The 15-day shelf life of strawberries was assessed, and the treatments employed effectively reduced decay rates during storage. Upon analysis, it was determined that the 1% concentration of pomegranate peel extract exhibited the highest efficacy in suppressing the severity of spoilage.

Conclusion

Residues from various agricultural sectors have a variety of uses, including their properties as preservatives that extend the shelf life of perishable fruits and enhance the nutritional value of fruits and vegetables. Replacing plant extracts with synthetic compounds can play an important role in preserving the characteristics and quality of strawberry fruits during storage. Based on the results of this study, an edible coating containing plant extracts from pomegranate peel and tomato seedling as natural preservatives was used to extend the shelf life and enhance the nutritional quality of strawberry fruits during cold storage. Finally, using natural compounds such as plant extracts from agricultural waste is a safe and healthy way to manage and preserve the properties of post-harvest agricultural products.

Keywords: Fruit decay, Total anthocyanin content, Total antioxidant activity, Total phenolic compounds

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۲، ص. ۱۱۳٤-۱۱۱۵

اثر پوشش‌دهی با عصاره پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی و حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم 'پاروس' طی نگهداری در انبار سرد

سپیده شیرانی راد[۱]- محمد سیاری[۲*]- محمد علی زلفی گل[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۳۱

چکیده

ضایعات محصولات باغبانی از جدی‌ترین نگرانی‌های امروزی است. با افزایش جمعیت، خسارات و ضایعات محصولات غذایی نیز به‌طبع آن افزایش می‌یابد که به‌شدت بر سلامت محیط‌زیست و انسان اثرگذار است. از طرفی ضایعات باغبانی سرشار از مواد مغذی، پلی ساکاریدها، ترکیبات ضد میکروبی است که می‌توان از آنها برای تهیه پوشش‌های خوراکی استفاده کرد. پوشش خوراکی از میوه‌ها در برابر اتلاف مواد مغذی و معدنی محافظت می‌کند و ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهد. توت‌فرنگی به‌دلیل تنفس و فعالیت متابولیکی بالا، بافت نرم و حساسیت به آسیب‌های مکانیکی و قارچی دارای عمر پس از برداشت کوتاهی است. جایگزینی تیمارهای سازگار با محیط زیست و ایمن برای جلوگیری از تلفات پس از برداشت این میوه جهت بهبود ماندگاری در انبار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش عصاره‌های گیاهی استخراج شده از ضایعات بخش باغبانی به‌عنوان پوشش خوراکی توت‌فرنگی استفاده شده است. بدین جهت تأثیر عصاره‌های گیاهی پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی هر کدام با غلظت یک درصد بر افزایش زمان ماندگاری میوه توت‌فرنگی به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است، از میوه فاقد پوشش خوراکی به‌عنوان تیمار کنترل استفاده شد. برخی صفات کیفی و شاخص‌های رنگ میوه پس از ۵، ۱۰ و ۱۵ روز انبارداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد کاهش وزن و افت سفتی بافت در میوه‌های پوشش‌دهی شده با عصاره‌های گیاهی کمتر از میوه‌های شاهد بود. از طرفی تیمارهای مورد استفاده اثر مثبتی بر ویژگی‌های کیفی میوه شامل pH، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون داشتند. محتوی آنتوسیانین کل، میزان اسید آسکوربیک و فلاونوئید کل نمونه‌ها در طول مدت انبارداری در میوه‌های پوشش‌دار بهتر از میوه‌های شاهد حفظ گردید. از طرفی محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تیمار عصاره‌های گیاهی قرار نگرفت. بیشترین تغییرات رنگ در سطح میوه در نمونه شاهد مشاهده شد. میوه‌های پوشش‌دهی شده با عصاره پوست انار در حفظ پارامترهای کیفی پس از ۱۵ روز، نسبت به سایر تیمارها بهتر عمل کردند و درصد پوسیدگی میوه‌ها را کمتر کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که غلظت یک درصد عصاره‌های پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی می‌تواند به عنوان پوشش خوراکی در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی در انبار سرد موثر باشند.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، محتوای آنتوسیانین کل، محتوای فنل کل

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.sayyari@basu.ac.ir)
۳- استاد گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81683.1249

مقدمه

تغذیه و سبک زندگی سالم مسئله‌ای است که جهان امروز به‌شدت درگیر آن است. برای رسیدن به این هدف بایستی ضایعات و فساد منابع ترکیبات زیست فعال و ویتامین‌ها که همان میوه‌ها و سبزی‌ها هستند را به حداقل رساند. از طرف دیگر افزایش جمعیت و محدودیت منابع غذایی مسئله‌ای مهم است، با کاهش خسارت‌های وارده به محصولات کشاورزی در مرحله پس از برداشت، می‌توان امنیت غذایی در آینده را بهبود داد (Shirzadi *et al*., 2013). مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات ایمن، با ماندگاری طولانی، کیفیت بالا و ردپای اکولوژیکی محصول (PEF[1]) کم تمایل دارند. PEF به‌عنوان معیاری مفید در چارچوب توسعه پایدار مورد توجه قرارگرفته است. انتظار می‌رود این شاخص به مصرف‌کنندگان اجازه دهد تا در مورد تأثیر زیست‌محیطی رژیم غذایی خود، آگاهی کامل داشته باشند. این مهم، انگیزه بیشتری برای توسعه ترکیبات نگه‌دارنده و طبیعی برای استفاده در زنجیره تأمین محصولات تازه و سالم، کاهش ضایعات ناشی از پوسیدگی و به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی با حذف قارچ‌کش‌های صنعتی را داده است (Regnier *et al*., 2012). استفاده از پتانسیل بالقوه محصولات طبیعی، مانند عصاره گیاهان، در مدیریت میوه پس از برداشت برای غلبه بر این مشکلات راه‌حلی بسیار کارآمد است (Moshari-Nasirkandi *et al*., 2020).

توت‌فرنگی (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) محصولی با ارزش اقتصادی بالا و سطح زیر کشت بالا، دارای رنگ، شکل و عطر و طعم بی‌نظیر بوده و مورد پسند بیشتر مردم است (Saleem *et al*., 2021). طعم و ترکیبات موجود در این محصول به‌شدت تحت تأثیر عواملی همچون نوع رقم مورد کشت، قرار می‌گیرد (Asgari Marjanlu *et al*., 2009) و بر ویژگی‌های کیفی محصول در طول دوره انبار تأثیرگذار است (Altemimi *et al*., 2017 ; Mohammadrezakhani *et al*., 2016). میوه توت‌فرنگی به دلیل دارا بودن منابع مهم و متنوعی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و ترکیبات معدنی یکی از محصولات مهم و تجاری باغبانی است (Sarebani *et al*., 2020). با این‌حال، این میوه بسیار فسادپذیر است که به دلیل میزان تنفس و فعالیت متابولیکی بالا، بافت نرم و نداشتن پوست محافظ، به از دست دادن رطوبت، آسیب‌های مکانیکی و پوسیدگی‌های قارچی در زمان برداشت، جابجایی و بسته‌بندی حساس بوده و دارای عمر پس از برداشت کوتاهی می‌باشد (Sarkhosh *et al*., 2007; Sayyari & Gharibi, 2016). علت دیگر پوسیدگی میوه توت‌فرنگی در زمان نگهداری در انبار، ایجاد پوسیدگی توسط طیف وسیعی از قارچ‌ها می‌تواند باشد. پاتوژن اصلی توت‌فرنگی (*Botrytis cinerea*) عامل کپک خاکستری است، علاوه بر این قارچ‌های *Rhizopus stolonifer* spp.، *Mucor* spp، *Colletotrichum* و *Penicillium* spp می‌توانند سبب فساد پس از برداشت توت‌فرنگی شوند (Feliziani & Romanazzi, 2016). ضایعات میوه توت‌فرنگی از مرحله پس از برداشت تا رسیدن به دست مصرف‌کننده، حدود ۳۰ درصد برآورد شده است؛ بنابراین کاهش سرعت تخریب ویژگی‌های کمی و کیفی آن، یکی از چالش‌های مهم محسوب می‌شود. استفاده از فناوری و تیمارهای ایمن، سالم و مناسب پس از برداشتی همچون بسته‌بندی با اتمسفر کنترل‌شده، پرتو تابی با نور ماورابنفش، تیمارهای شیمیایی و پوشش‌های خوراکی می‌توانند سبب کند شدن روند پیری، افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه توت-فرنگی شوند (Taherpour *et al*., 2020) .

پوشش‌های خوراکی بر پایه عصاره گیاهی (PEEC[2]) پوشش‌های سازگار با محیط‌زیستی هستند که مانند سایر پوشش‌های خوراکی، به صورت لایه‌ی نازکی از مواد بر سطح محصولات مستقر می‌شوند. استفاده از این پوشش‌ها هیچ‌گونه آسیبی به‌سلامتی انسان وارد نمی کند (Quintana *et al*., 2021) PEEC می‌تواند به‌عنوان مانعی برای جلوگیری از تبادل رطوبت، اکسیژن و دیگر گازها عمل کند، بنابراین از دست دادن آب، تنفس و سرعت واکنش اکسیداسیون را کاهش داده و عمر مفید محصول را افزایش می‌دهد (Saxena *et al*., 2020). عصاره‌های گیاهی را می‌توان از قسمت‌های مختلف گیاه مانند برگ، ساقه، میوه، پوست، دانه یا پوست میوه تهیه کرد (Sowmyashree *et al*., 2021). ازجمله کاربردهای عصاره گیاهی می‌توان به حداقل رساندن فساد پس از برداشت، طولانی کردن عمر مفید و حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها در پس از برداشت اشاره کرد (Shahbaz *et al*., 2022).

در میان ترکیبات طبیعی، کاربرد عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی در مرحله پس از برداشت میوه توت‌فرنگی بسیار مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است که می‌توان به پوشش عصاره متانولی برگ کهور پاکستانی (Saleh & Abu-Dieyeh, 2022)، پوشش مبتنی بر کیتوزان حاوی عصاره زردچوبه و چای سبز (Yang *et al*., 2022)، اسانس‌های تیمولی در بسته‌بندی با پوشش سلوفان (Faz *et al*., 2016) ، اسانس ریحان (Asgari Marjanlu *et al*., 2009)، اسانس انیسون (Ghorbani *et al*., 2021) و عصاره گل و برگ گیاه رازک (Shahimoridi & Dastjerdi, 2020) اشاره نمود. علاوه بر توت فرنگی از عصاره جلبک دریایی و آویشن شیرازی در بهبود

1- Product Ecological Footprint

2- Plant Extract Edible Coating

ویژگـی‌هـای کیفـی پرتقـال (Rezaei *et al.*, 2019) و پوشـش کیتوزانی حاوی عصاره دارچین در نگهداری و حفظ کیفیت میوه سیب (Pashazadeh *et al.*, 2021) استفاده شده‌اند.

پوست انار (پریکارپ، پوست یا پوسته)، تقریباً ۲۰ درصد وزن میوه را به خود اختصاص می‌دهد. در کارخانه‌های فرآوری میوه انـار بخـش زیادی از ضایعات را پوست میوه تشکیل می‌دهد. در واقع پوسـت انـار یکـی از مهـم‌تـرین محصـولات جـانبی صـنایع آبگیـری انـار اسـت (Fawole *et al.*, 2012). پوست انار دارای محتـوای فنـل و فعالیـت آنتی‌اکسـیدانی بـالاتری نسـبت بـه آریـل اسـت (Malviya *et al*., 2014). پوست انار همچنین حاوی سطوح بالایی از مواد معدنی ماننـد پتاسیم، کلسیم، فسفر و سدیم است. علاوه براین منبع غنی از ویتامین B1، ویتامین B2، ویتامین C، ویتامین E (α-توکوفرول) و ویتامین A است (Kaderides *et al.*, 2021). ترکیبات فنلـی اصـلی موجـود در پوست انار شامل الاژیک اسید، گالیک اسید، پونیکالیژین، کلروژنیـک اسـید، کافئیـک اسـید، پروتوکاچیـک اسـید، فلوریـدزین، کوئرسـتین، کاتچین و کوماریک اسید می‌باشد (Shahi *et* Ismail *et al.*, 2012; *al.*, 2022). ایـن ترکیبـات تحـت تـأثیر مرحلـه رشـدی میـوه قـرار می‌گیرند، به‌گونه‌ای که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میـوه‌هـای تازه تشکیل‌شده مشاهده می‌شود (Sarkhosh *et al.*, 2007). عصاره پوست انار دارای فعالیت‌هـای زیسـتی ضـد بـاکتری، ضـد ویروسـی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضد قارچی است. از ایـن‌رو جهـت حفـظ کیفیت محصولات از این عصاره به‌تنهـایی و یـا در ترکیـب بـا سـایر تیمارهای پس از برداشتی استفاده شده اسـت. بـه طـور مثـال از اثـر عصاره پوست انار به منظور افزایش عمر گل‌جـای گـل شـاخه بریـده داودی استفاده شده اسـت (Ebrahimipour *et al.*, 2020). کـاربرد همزمان عصاره‌های چای سبز و پوست انـار در حفـظ خـواص کیفـی پرتقال تامسون ناول به مدت ۴۵ روز مورد بررسی قرار گرفته و مفیـد شناخته شـده اسـت (Sepideh Mubarb *et al.*, 2017) . همچنـین عصاره پوست انار و آلژینات سدیم تـأثیر معنـی‌داری بـر خصوصـیات کیفی میوه لیموشیرین داشته اسـت (Taherpour *et al.*, 2020). در پژوهشـی نیـز بـه‌منظـور کنتـرل رشـد *Penicillium digitatum* و کاهش پوسـیدگی پـس از برداشـت پرتقـال از دو پوشـش خـوراکی، کیتوزان و صمغ لوبیا لوکاست حاوی عصاره پوست انار اسـتفاده شـده است (Kharchoufi *et al.*, 2018).

به‌طور خاص، گوجه فرنگی سرشار از آلفا توماتین و دهیدروتوماتین است که معمولاً در برگ‌ها و میوه حضور دارند (Pardini *et al.*, 2021). عمدتاً این دو ترکیب به‌عنوان عوامل دفاعی گیاه در برابر حشرات، باکتری‌ها، انگل‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها عمل می‌کنند. علاوه‌براین، این دو ترکیب دارای خواص دارویی فراوان هستند و در طیف وسیعی از بیماری‌های رماتیسمی، سرطانی و غیره کاربرد دارند (Nair *et al.*, 2018). آلفاتوماتین توسط آگلیکون توماتیدین و یک باقیمانده تتراساکاریدی متشکل از یک گالاکتوز، دو گلوکز و یک بخش گزیلوز تشکیل می‌شود (Pardini *et al.*, 2021).

از مهم‌ترین چالش‌های روبروی تولیدکنندگان توت‌فرنگی، حفـظ کیفیت و کاهش ضایعات نگهـداری پـس از برداشـت ایـن محصـول است. بنابراین، کاربرد شیوه‌های نـوین و ایمـن در مرحلـه برداشـت و انبارداری توت‌فرنگی می‌تواند گره‌گشا باشد و ضایعات ایـن محصـول ارزشمند در انبار سرد را کاهش دهد. از طـرف دیگـر هرسـاله مقـادیر زیادی از پوست انار به‌عنوان ضایعات کارخانه‌های فرآوری انـار تولیـد می‌شود، با توجه به خواص و ترکیبات بسیار مفید عصاره پوسـت انـار، می‌توان از این منبع در بهبود نگهداری میوه‌ها استفاده کـرد. از سـوی دیگر، تولید نشاء گوجه‌فرنگـی بـه راحتـی و بـه وفـور میسـر بـوده و می‌توان از عصاره آن به‌عنوان منـابع غنـی از ترکیبـات فیتوشـیمیایی بهره برد. لذا در این پژوهش به ارزیابی اثر عصاره‌هـای پوسـت انـار و نشاء گوجه‌فرنگی بر حفظ کیفیت و کاهش ضایعات میوه توت‌فرنگـی رقم 'پاروس' در انبار سرد پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش، میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'پاروس' در خرداد مـاه سال ۱۴۰۱ از مزرعه توت‌فرنگی واقع در شهرستان کامیاران در زمـان برداشت تجاری که ۸۰-۷۰ درصد سطح میوه قرمز شده بود، برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه بوعلی سینا همدان منتقل شدند. میوه‌های سالم که تا حد امکان از نظر اندازه و درجه رسیدگی همگـن بودند، انتخاب و با آب مقطر شسته و در دمـای اتـاق خشـک شـدند. برای پوشش‌دهی میوه‌ها از غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره اتـانولی پوست انار[1] (PPE) و نشاء گوجـه‌فرنگـی[2] (TSE) در ۱۰۰ میلـی‌لیتـر حلال (۹۵ میلی لیترآب مقطر و ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد) اسـتفاده گردید. پس از تیمار و پوشش‌دهی با ۲ نوع عصاره، میوه‌ها به سردخانه با دمای ۰/۵±۴ درجه سـانتی‌گـراد و رطوبـت نسـبی ۹۵-۹۰ درصـد منتقل شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصـادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل ۶ عدد میوه به همراه میوه‌هـای شـاهد انجام شد. میوه‌های توت‌فرنگی بـا روش غوطـه‌وری در عصـاره‌هـای مدنظر به صورت جداگانه به مـدت ۲ دقیقـه تیمـار و پـس از خشـک شدن در هوای اتاق به ظروف استریل انتقـال و بـه سـردخانه منتقـل شدند. قبل از بسته شدن درب ظروف دمای میوه‌ها با دمای سـردخانه یکسان گردید. میوه‌ها به مدت ۱۵ روز در سردخانه نگهداری و بـرای بررسی روند تغییرات کیفی، در روزهای صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ انبار نمونه-

1- Pomegranate Peel Extract (PPE)
2- Tomato Seedling Extract (TSE)

برداری انجام و صفت‌های مدنظر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند.

استخراج عصاره‌های پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی

میوه انار رقم 'ملس ساوه' از بازار خریداری و پس از جدا کردن کامل پوست، در سایه‌خشک و درنهایت با آسیاب تیغه‌ای پودر و از الک با اندازه ۴۷۰ میکرومتر عبور داده شد. جهت استخراج عصاره پوست انار از روش نیر و همکاران (Nair *et al.*, 2018) با اندکی تغییرات، استفاده شد. در این روش ۵۰ گرم پودر پوست انار با ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱ ساعت در تاریکی با همزن مغناطیسی هموژنایز شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در مکان تاریک و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای صاف کردن از سانتریفیوژ با ۴۰۰۰ دور در دقیقه، عبور از کاغذ صافی واتمن و در نهایت از فیلتر سرسرنگی استفاده شد. عصاره خالص بدست آمده جهت تغلیظ به دستگاه روتاری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. پس از خشک‌کردن در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

جهت استخراج عصاره از تمام شاخساره نشاء گوجه‌فرنگی رقم 'فلات'، شامل برگ و ساقه استفاده شد. پس از شستن کامل نشاءها به‌صورت کامل با آب مقطر، در سایه خشک و از آسیاب تیغه‌ای برای پودر کردن استفاده شد. برای تهیه عصاره هیدرواتانولی نشاء گوجه فرنگی از روش (Figueiredo-González *et al.*, 2017) با مقداری تغییرات استفاده شد. در این روش ۵۰ گرم پودر نشاء گوجه‌فرنگی با ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ مخلوط و به مدت ۱ ساعت در تاریکی با همزن مغناطیسی همزده شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در مکان تاریک و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای صاف کردن از سانتریفیوژ با ۴۰۰۰ دور در دقیقه، عبور از کاغذ صافی واتمن و در نهایت از فیلتر سرسرنگی استفاده شد. عصاره خالص بدست‌آمده جهت تغلیظ به دستگاه روتاری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. پس از خشک‌کردن در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

آماده سازی و پوشش دهی میوه‌های توت فرنگی با عصاره‌ها

طرح آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش شامل دو غلظت یکسان از عصاره‌های گیاهی به همراه تیمار فاقد پوشش بعنوان کنترل بود. پودر عصاره خالص پوست انار و نشاءگوجه فرنگی (غلظت ۱٪ w/v) در آب مقطر به طور کامل حل شد. گلیسرول ۱٪ (w/v) به عنوان نرم کننده جهت بهبود استحکام و انعطاف پذیری محلول پوشش خوراکی بر روی سطح میوه اضافه شد. علاوه بر آن از توین ۲۰ (۰٫۵٪ v/v) برای پراکندگی بهتر عصاره‌های گیاهی در محلول پوشش خوراکی استفاده شد. میوه‌های توت‌فرنگی مربوط به هر تیمار به مدت ۲ دقیقه در هرکدام از محلول‌ها به طور کامل غوطه‌ور شدند. برای خشک شدن محلول پوشش‌های خوراکی، میوه‌ها در دمای اتاق قرار داده شدند. در نهایت میوه‌ها در سردخانه خنک و پس از آن در ظروف پلاستیکی درب دار بسته بندی و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند.

صفات اندازه‌گیری شده

درصد پوسیدگی

برای تعیین درصد پوسیدگی و کیفیت ظاهری میوه‌ها از سیستم درجه‌بندی از صفر تا ۵ استفاده شد (درجه ۰: میوه کاملاً سالم، درجه ۱: میوه با یک تا بیست درصد پوسیدگی، درجه ۲: میوه با بیست و یک تا چهل درصد پوسیدگی، درجه ۳: میوه با چهل و یک تا شصت درصد پوسیدگی، درجه ۴: میوه با شصت و یک تا هشتاد درصد پوسیدگی و درجه ۵: میوه با هشتاد و یک تا صد درصد پوسیدگی).

درصد کاهش وزن میوه

کاهش وزن میوه‌ها به صورت اختلاف وزن میوه‌ها قبل از دوره انبار و پس از پایان انبار برحسب درصد به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \quad (۱)$$

مواد جامد محلول و pH

ارزیابی مواد جامد محلول با دستگاه رفراکتومتر دستی (مدل ATAG0-N1، ژاپن) در دمای اتاق و برحسب درجه بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری pH نیز از دستگاه pH متر دیجیتالی متروهم (مدل 827، سوئیس) استفاده شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون

برای ارزیابی میزان اسیدیته آب‌میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. به این منظور ۱۰ میلی‌لیتر عصاره میوه با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH محلول بین ۸/۲ تا ۸/۳ صورت گرفت. در نهایت حجم NaOH مصرفی در تیتراسیون را بر اساس فرمول زیر محاسبه و به صورت درصد اسیدسیتریک بیان شد.

$$TA\% = \frac{M \times N \times V \times \times n}{S} \times 100 \quad (۲)$$

که M وزن مولکولی اسید غالب (گرم)، N نرمالیته سود مصرفی،

V حجم سود مصرفی (میلی‌لیتر)، S وزن نمونه عصاره‌گیری شده (گرم) و n ظرفیت اسید غالب بود.

سفتی بافت میوه

میزان سنجش سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج مدل واگنر (مدل FDK-32، ایتالیا) با پروب با قطر ۱/۵ میلی‌متر در سه قسمت هر میوه انجام شد و برحسب نیوتن بیان شد.

سنجش اسید آسکوربیک

برای اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک از روش (Petriccione *et al*., 2015) استفاده شد. در این روش ۰/۵ گرم از بافت میوه توت فرنگی با ۲ میلی‌لیتر محلول اسید متافسفریک ۱۶ درصد (v/v) که حاوی ۰/۱۸ درصد (w/v) دی سدیم اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) بود، به‌صورت کاملا یکسان له شد. سپس توسط سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه) صاف و عصاره محلول شفاف رویی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

به‌منظور سنجش میزان اسید آسکوربیک، ۴۰۰ میکرولیتر روشناور بدست آمده در مرحله قبل با ۲۰۰ میکرولیتر اسید متافسفریک ۳ درصد و ۲۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱:۵، V/V) ترکیب و به حجم نهایی ۲ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از ۱۰ دقیقه واکنش، جذب مخلوط در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر ساخت شرکت شیماتزو ژاپن مدل UV1280 قرائت و غلظت اسید آسکوربیک توسط منحنی استاندارد اسید آسکوربیک تعیین شد. محتوای اسید آسکوربیک به‌صورت میلی‌گرم اسید آسکوربیک (AA) در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان شد.

تهیه عصاره ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

استخراج عصاره برای سنجش‌های ترکیبات زیست فعال از جمله محتوای فنل و فلاونوئید کل، محتوی آنتوسیانین و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل طبق روش (Fawole *et al*., 2012) با اندکی تغییراتی انجام شد. برای این منظور ۰/۳ گرم از بافت میوه توت‌فرنگی با ۳ میلی‌لیتر حلال (که در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال، ۳۵ میلی‌لیتر استون، ۳۴ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد، ۱ میلی‌لیتر اسید استیک و ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر وجود داشت) به‌صورت یکسان همگن شد. نمونه‌های همگن‌شده به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریک قرار گرفتند. سپس در سانتریفیوژ با ۵۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و روشناور حاصل برای سنجش ترکیبات یاد شده مورد استفاده قرار گرفت.

سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از رادیکال آزاد DPPH استفاده شد (Akhond *et al*., 2022). به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره میوه، ۳/۹ میلی‌لیتر محول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اضافه شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد مهارکنندگی} = \frac{\text{جذب شاهد} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب شاهد}} \times 100 \qquad (۳)$$

محتوای فنل کل

برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از معرف فولین–سیوکالیتو استفاده شد (Li *et al*., 2005). بدین ترتیب که ۱۰۰ میکرولیتر عصاره توت‌فرنگی با ۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین–سیوکالتیو مخلوط و به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. پس از طی زمان مورد نظر ۱/۵ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۲۰ درصد به مخلوط اضافه و سپس محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و دمای اتاق نگهداری شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. جهت تهیه منحنی کالیبراسیون، از اسید گالیک استفاده شد. محتوای فنل کل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بیان شد.

سنجش میزان فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره استخراج‌شده ۱۵۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ($AlCl_3$. 6H2O) و ۷۵ میکرولیتر سدیم نیتریت ۵ درصد اضافه گردید. پس از ۵ دقیقه ۵۰۰ میکرولیتر سدیم هیدروکسید ۱ مولار به ترکیب فوق افزوده شد. درنهایت میزان جذب در ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد. جهت تهیه منحنی کالیبراسیون، از کوئرستین استفاده شد. میزان ترکیبات فلاونوئیدی کل به‌صورت میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بیان شد (Li *et al*., 2005).

سنجش میزان آنتوسیانین کل

برای اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین کل ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره بدست آمده با ۳ میلی‌لیتر از بافرهای با pH ۱ و ۴/۵ به‌صورت جداگانه مخلوط شد. پس از ۱۵ دقیقه به‌ترتیب جذب هرکدام در ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت و میزان آنتوسیانین طبق رابطه زیر محاسبه گردید (Fawole *et al*., 2012):

$$A= (A_{520}-A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520}-A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$\text{آنتوسیانین کل} = [(A\times MW\times DF)/\mathcal{E}\times L]$$

A مقدار جذب، Ɛ برابر ۲۶۹۰۰، MW وزن مولکولی آنتوسیانین (۴۴۹/۲)، DF ضریب رقت، L طول سل مورد استفاده (۱ سانتی‌متر) است. نتایج برحسب سیانیدین-۳- گلوکوزاید در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بیان شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ

جهت اندازه‌گیری شاخص‌های L^* ،a^* و b^* رنگ، ابتدا با استفاده از اسکنر از میوه‌ها تصویربرداری شد و سپس از تصویرهای گرفته شده و با استفاده از نرم‌افزار ImageJ شاخص‌های مد نظر بدست آمد. به این صورت که پس از اسکن‌برداری تحت شرایط کنترل‌شده نوری، چند نقطه مناسب از عکس گرفته‌شده انتخاب‌شده و پس از استخراج فراسنجه‌های رنگی، میانگین آن‌ها محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های مربوط در این پژوهش در سه تکرار توسط نرم‌افزار آماری SPSS به روش آنالیز واریانس (ANOVA) تجزیه و تحلیل شد و برای نشان دادن حداقل تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان بالاتر از ۹۵ درصد ($p≤0.05$) از روش چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد و میانگین‌ها با دامنه خطای استاندارد نشان داده شدند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر دو فاکتور مورد بررسی بر صفات مختلف

نتایج حاصل از بررسی اثر عصاره‌های پوست انار و نشاء گوجه فرنگی بر حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی در انبار سرد نشان داد که غلظت ۱ درصد عصاره‌های مورد استفاده بر پارامترهای کیفی و فیتوشیمیایی میوه توت‌فرنگی در انبار نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را باعث شدند (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پوشش‌دهی با عصاره‌های پوست انار (PPE) و نشاء گوجه‌فرنگی(TSE) بر صفات فیتوشیمیایی توت فرنگی رقم 'پاروس' در انبار سرد

Table 1- ANOVA for the effects of coating with Pomegranate peel and tomato seedling extracts on phytochemical traits of strawberry fruits cv. Parous during cold storage

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	کاهش وزن weight loss	سفتی بافت Firmness	پی اچ pH	اسیدیته کل TA	مواد جامد محلول کل TSS	محتوای فنل کل Total phenolic compounds	میزان آنتوسیانین کل Total Anthocyanin	فعالیت آنتی اکسیدانی کل Total antioxidant acitivity	میزان فلاونوئید کل Total flavonoids	اسید آسکوربیک Ascorbic acid
		میانگین مربعات Mean squares									
پوشش خوراکی Edible coating (EC)	2	221.32**	2.42$^{n.s}$	0.01**	4.14**	20.16**	3568.00$^{n.s}$	265.30*	0.63$^{n.s}$	2339.35*	39.81*
زمان انبارمانی Storage time (ST)	3	115.54**	7.14*	0.17**	21.91**	45.63**	12591.67*	249.40*	15.22*	2059.97*	74.09*
EC×ST	6	15.24**	0.46$^{n.s}$	0.006**	0.63**	5.15**	540.52$^{n.s}$	222.40$^{n.s}$	2.61$^{n.s}$	*431.53	27.47*
خطا Error	24	2.23	1.55	0.001	0.06	0.32	2619.71	34.55	1.44	135.30	7.87
ضریب تغییرات C.V (%)		9.57	24.75	1.13	5.06	8.69	22.56	16.17	1.29	9.93	5.23

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

s, *, ** indicate no significant difference, 5% and 1% probability levels, respectively.

کاهش وزن

تایج آنالیز واریانس (جدول ۱) حاکی از اثرگذاری معنی‌دار عصاره های گیاهی و زمان انبارمانی و اثر متقابل این دو بر کاهش وزن میوه‌های توت‌فرنگی، ۱۵ روز پس از نگهداری است. با توجه به شکل ۱ میزان کاهش وزن در طول مدت انبارمانی در همه تیمارها افزایش داشته است. در پایان دوره انبارمانی تیمار عصاره‌های پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۱۲ و ۱۵ درصد کاهش وزن داشتند، این درحالیست‌که در تیمار شاهد ۲۶ درصد کاهش معنی‌دار میزان افت وزن را ثبت شده است. این نتایج با پژوهش آخوند و همکاران (Akhond *et al*., 2022) مطابقت داشت به‌گونه‌ای که با افزایش مدت انبارمانی، درصد کاهش وزن افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، کاربرد عصاره‌های گیاهی در دوره انبارداری می‌توانند در جلوگیری از کاهش وزن میوه مؤثر باشند (Taherpour *et al*., 2020 و El-Miniawy *et al*., 2019). با گذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به دلیل یکسان نبودن فشار بخارآب در فضای بین سلولی بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده میوه از یک‌سو و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر کاهش وزن در طی زمان امری طبیعی است (Quintana *et al*., 2021؛ Faz *et al*., 2016) افزون براین، پوشش‌های خوراکی حاوی عصاره‌های گیاهی به‌دلیل خاصیت ضدمیکروبی و ضد قارچی عصاره‌ها به محافظت محصول در برابر عوامل بیماری‌زا و به‌تبع آن کاهش پوسیدگی کمک می‌کنند و بدین ترتیب می‌توانند مانع از دست رفتن آب و کاهش وزن میوه شوند (Shahi *et al*., 2022). این نکته قابل ذکر است که، عصاره‌های گیاهی به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تأخیر در پیری میوه، سبب کنترل کاهش وزن در محصولات می‌شوند (Faz *et al*., 2016). کاهش وزن ویژگی بسیار مهم جهت ارزیابی کیفیت میوه است که به میزان تعرق و تنفس میوه مربوط می‌باشد. میوه توت‌فرنگی به دلیل پوست بسیار نازک خود به شدت حساس به از دست دادن آب می‌باشد. این امر بر بازارپسندی محصول تاثیر منفی گذاشته و سبب نرم شدن بافت، تغییر در رنگ و عطر و طعم میوه، تسریع فرایند پیری، رشد پاتوژن‌ها و سرمازدگی می‌شود (De Bruno *et al*., 2023).

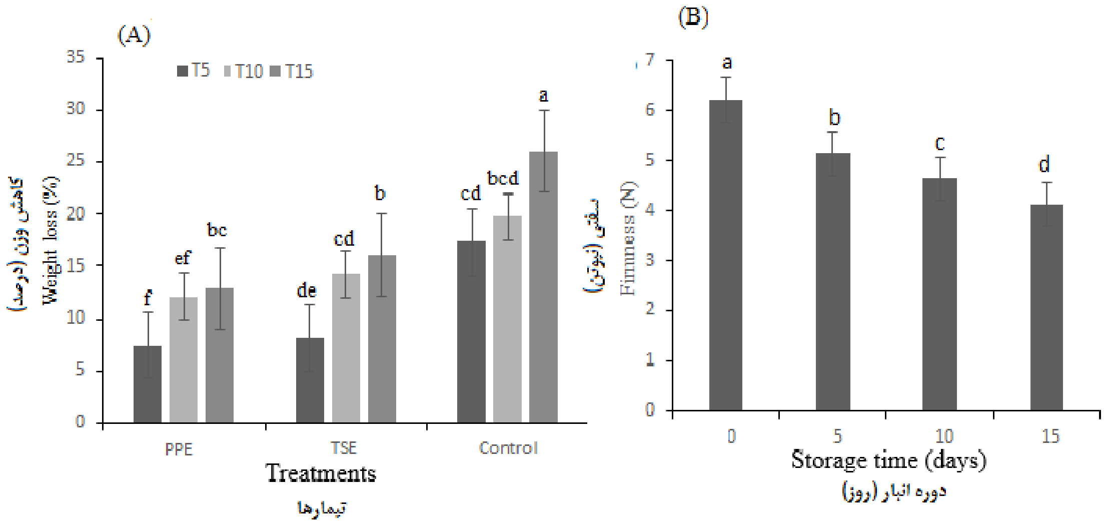
سفتی بافت میوه

جدول تجزیه واریانس نشان داد کاربرد عصاره‌ها و اثر متقابل عصاره و زمان انبارداری در سفتی بافت میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری تأثیر معناداری نداشته است و صرفا مدت‌زمان انبارداری سبب اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد شده است (جدول ۱). در روز نخست مقدار سفتی بافت ۶/۲۲ نیوتن بود و با گذشت زمان کاهش سفتی در میوه‌های پوشش‌دهی شده و فاقد پوشش مشاهده شد. پس از ۱۵ روز نگهداری در انبار سرد کمترین مقدار سفتی بافت در نمونه‌های شاهد (۳/۵۷N) مشاهده شد و میزان سفتی در میوه‌های پوشش‌دهی شده با عصاره پوست انار و نشاءگوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۴/۴۸ و ۴/۳۴ نیوتن بود. با وجود بالا بودن سفتی در میوه‌های تیمار شده، اختاف آنها با تیمار شاهد معنی‌دار نبود.

اثر کاربرد عصاره‌ها و اسانس‌ها در حفظ سفتی میوه میوه توت فرنگی در سایر پژوهش‌ها بیان شده است (Akhond *et al*., ;2022 ; Kharchoufi *et al*., 2018 ;Saleh & Abu-Dieyeh, 2022). آن‌ها بر این باور بودند که در میوه توت‌فرنگی، از دست دادن رطوبت میوه باگذشت زمان سبب افزایش غلظت قند و نهایتاً میوه فاسد شده و نرم می‌گردد. استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌ها با جلوگیری از پوسیدگی میوه به حفظ سفتی میوه‌ها کمک می‌کنند. از طرفی، پوشش‌های خوراکی حاوی اسانس و عصاره‌های گیاهی با به تعویق انداختن تولید اتیلن در محصولات باعث حفظ سفتی بافت آن‌ها می‌شوند (Shirzadi *et al*., 2013؛ Yang *et al*., 2022). ساز وکار پیشنهادی عصاره‌های گیاهی در حفظ سفتی میوه‌ها را می‌توان به کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی نسبت داد. علاوه بر این حفظ فشار آماس بیشتر در نتیجه کنترل کاهش وزن توسط عصاره‌های گیاهی ازجمله عوامل مؤثر بر حفظ سفتی میوه دانست (Faz *et al*., 2016). در این آزمایش میوه‌های تیمار شده در پایان دوره انبار سفتی بالاتری را داشتند هر چند که اختلاف آنها نسبت به میوه‌های شاهد معنی‌دار نبود.

اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و pH

شکل ۲A روند تغییرات pH نمونه‌های توت‌فرنگی تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده در طی دوره انبار را نشان می‌دهد. تیمارهای اعمال‌شده با ایجاد اختلاف درpH، تأثیر معنی‌داری بر روند pH نمونه-های توت‌فرنگی طی دوره انبارداری داشتند. pH توت‌فرنگی‌ها در طول مدت انبارداری بین ۳/۳۴ (روز اول) و ۳/۷۲ (روز ۱۴) متغیر بوده است. مقادیر pH در مدت زمان نگهداری به‌طور یکنواخت در تمام نمونه‌ها افزایش یافت. pH در تیمارهای پوشش‌دهی نسبت به فاقد پوشش با اختلاف معنی‌داری، در سطح پایین‌تری حفظ شد. این روند تغییر با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Ayhan & Eştürk, 2009). افزایش قندها و کاهش اسیدها در طول نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود (Poraziz *et al*., 2019; Rezaei *et al*., 2019; ; Shirzadi *et al*., 2013). این در حالی است که در میوه‌های شاهد به دلیل تنفس بالاتر، اسیدهای آلی تجزیه و به‌عنوان سوبسترا برای فعالیت‌های آنزیمی تنفس مصرف می‌شوند، در نتیجه pH میوه‌های شاهد نسبتا بالاتر است (Daraei Garmakhany *et al*., 2021). به طور کلی میزان pH، به چگونگی فعالیت‌های بیوشیمیایی، نوع بافت، نوع اسیدهای آلی و رقم میوه بستگی دارد (Akhond *et al*., 2022) .



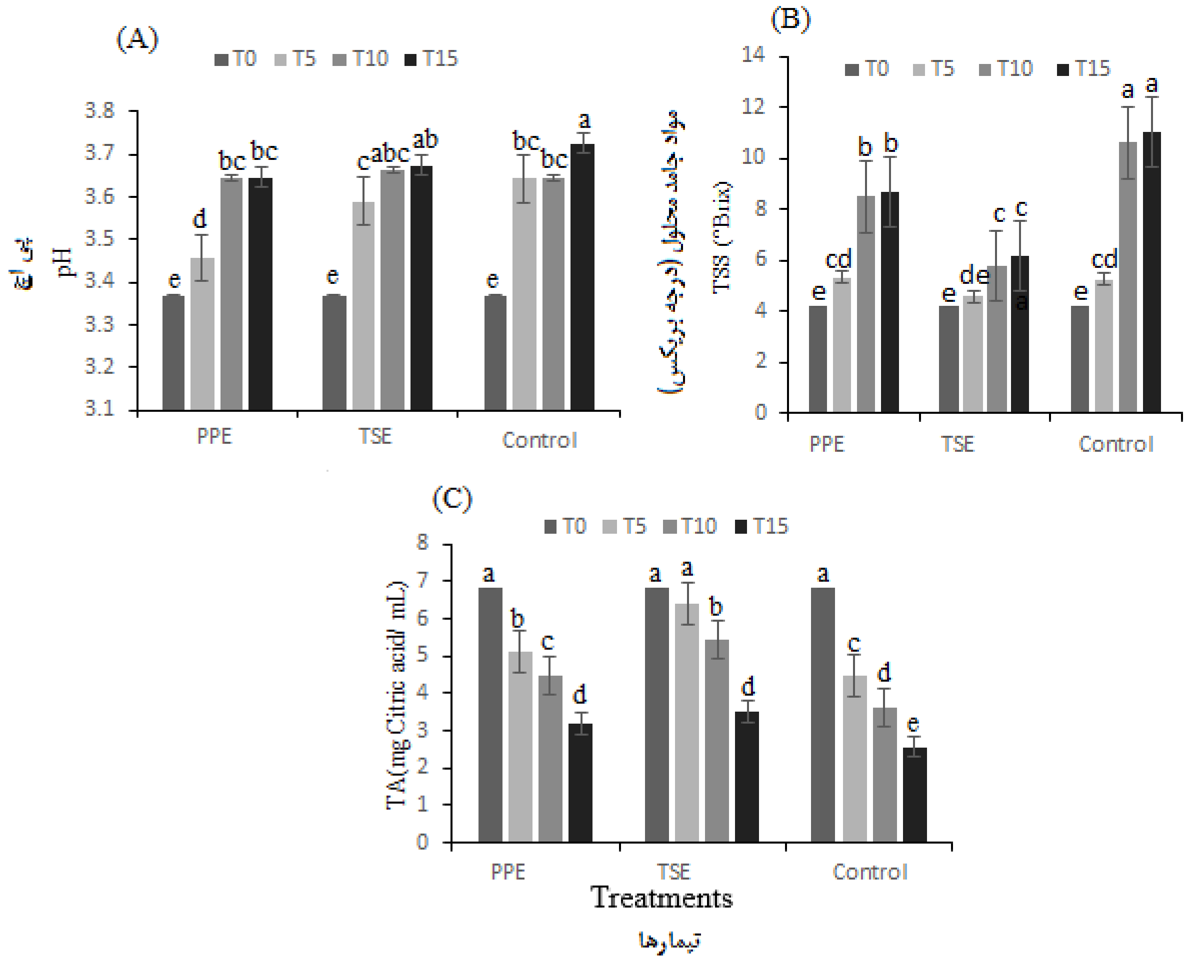
شکل ۱- اثر عصاره پوست انار (PPE) و عصاره نشاءگوجه‌فرنگی (TSE) بر کاهش وزن (A) و اثر ساده زمان انبارداری (T) بر سفتی بافت میوه توت‌فرنگی رقم 'پاروس' (B)

Figure 1- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on weight loss (A), firmness (B) of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days (DMRT, *p≤0.05*)(Bars=SE)

با توجه به جدول ۱ میزان اسید کل و مواد جامد محلول میوه تحت تأثیر تیمارهای مدنظر و مدت‌زمان انبارداری و اثر متقابل زمان و تیمار قرارگرفته‌اند. در روز نخست آزمایش محتوای مواد جامد محلول توت‌فرنگی‌ها برابر ۴/۲ بریکس بود. در طول مدت انبارمانی مقادیر این پارامتر از روز پنجم به بعد افزایش یافته و در تمام نمونه‌ها در روز ۱۵ به اوج خود رسیده است. در میوه‌های پوشش‌دهی شده و همچنین فاقد پوشش طی دوره انبارمانی مقادیر اسیدیته کاهش قابل توجهی نسبت به روز نخست انبارمانی داشته‌است. مواد جامد محلول و اسیدهای آلی تحت تأثیر فرایند تنفس، طی دوره انبار، مصرف می شوند. با افزایش تنفس و فرآیند پیری مواد جامد محلول مصرف می-شوند (Nair *et al.*, 2018). کاهش اسیدیته در طول انبارداری پس از تیمار با عصاره پوست انار در میوه لیموشیرین نیز گزارش‌شده است (Taherpour *et al.*, 2020). مقدار اسیدهای آلی در پس از برداشت میوه به مواد جامد قابل‌حل و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در حین فرایند رسیدن میوه به‌سرعت تنفس بستگی دارد. از آنجا که اسیدهای آلی ماده اولیه واکنش‌های آنزیمی تنفس هستند، انتظار می‌رود طی دوره انبار اسیدیته میوه کاهش و مقدار pH آن افزایش یابد (Taherpour *et al.*, 2020). فنل‌ها و ترکیبات موجود در عصاره‌ها (مخصوصاً عصاره نشاء گوجه‌فرنگی) به کاهش تنفس و تولید اتیلن کمک کرده و در مجموع سرعت فرآیند متابولیکی و مصرف اسیدهای آلی را کاهش می‌دهد (Asghari *et al.*, 2019).

روند کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های توت‌فرنگی پوشش‌دار شده با عصاره‌ها در پایان دوره نگهداری کمتر از میوه‌های فاقد پوشش بوده است. در حالی‌که میزان مواد جامد محلول در مراحل اولیه انبارداری ثابت باقی می‌ماند ولی پس‌ازآن تا پایان انبارداری افزایش می‌یابند (Ghorbani *et al.*, 2021) که این وضعیت در این پژوهش نیز مشاهده گردید. کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در زمان ذخیره‌سازی به‌دلیل تغییرات متابولیک میوه ناشی از استفاده اسیدهای آلی در فرآیند تنفس است (Akhond *et al.*, 2022). همزمان با کاهش رطوبت میوه، غلظت مواد جامد محلول افزایش می‌یابد. از طرفی، طی فرآیند تنفس، ترکیبات پلی‌ساکاریدی دیواره سلولی تجزیه و تبدیل به قندهای محلول و در نهایت نیز افزایش شدید مواد جامد محلول میوه‌ها می‌شوند. درنتیجه عواملی که سبب کاهش و یا ممانعت از تجزیه دیواره سلولی می‌شوند از افزایش بیش از حد مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (Shahimoridi & Dastjerdi, 2020). با توجه به میزان مواد جامد محلول در توت‌فرنگی‌های شاهد و تیمار شده با عصاره پوست انار می‌توان این فرض را بیان کرد که این تیمار سرعت تنفس و تولید اتیلن را کاهش داده است. پژوهش های گذشته نیز نشان داده‌اند که پوشش‌های خوراکی مانع از کاهش مقدار کل مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و در نهایت افزایش ماندگاری محصول می‌شوند (Pashazadeh *et al.*, 2021). در طی دوره انبار کاهش رطوبت میوه موجب افزایش غلظت مواد جامد می‌شود (Sepideh Mubarb Poraziz *et al.*, 2019 ;

Mayvan *et al*., 2017). با توجه به پایین بودن مقدار مواد جامد محلول در تیمار عصاره نشاء گوجه‌فرنگی نسبت به دیگر تیمارها، می توان نتیجه گرفت که تیمار عصاره نشاء گوجه‌فرنگی کم‌ترین تلفات آب را دارا است. از سوی دیگر، طی فرایند رسیدن میوه جهت ثابت ماندن سرعت تنفس، هیدرولیز پلی‌ساکاریدها باعث افزایش قند محلول میوه می‌گردد (Shirzadi *et al*., 2013). کاربرد عصاره پوست انار در مقایسه با عصاره نشاء گوجه‌فرنگی در بهبود مواد جامد محلول در مقایسه با شاهد مؤثرتر بوده است.



شکل ۲- اثرات عصاره پوست انار (PPE) و عصاره نشاء گوجه فرنگی (TSE) بر pH (A)، TSS (B) و TA (C) میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'پاروس' طی نگهداری در انبار سرد به مدت ۱۵ روز.

Figure 2- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on pH (A), TSS (B) and TA (C) of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days (DMRT, *p≤0.05*)(Bars=SE)

محتوای فنل کل

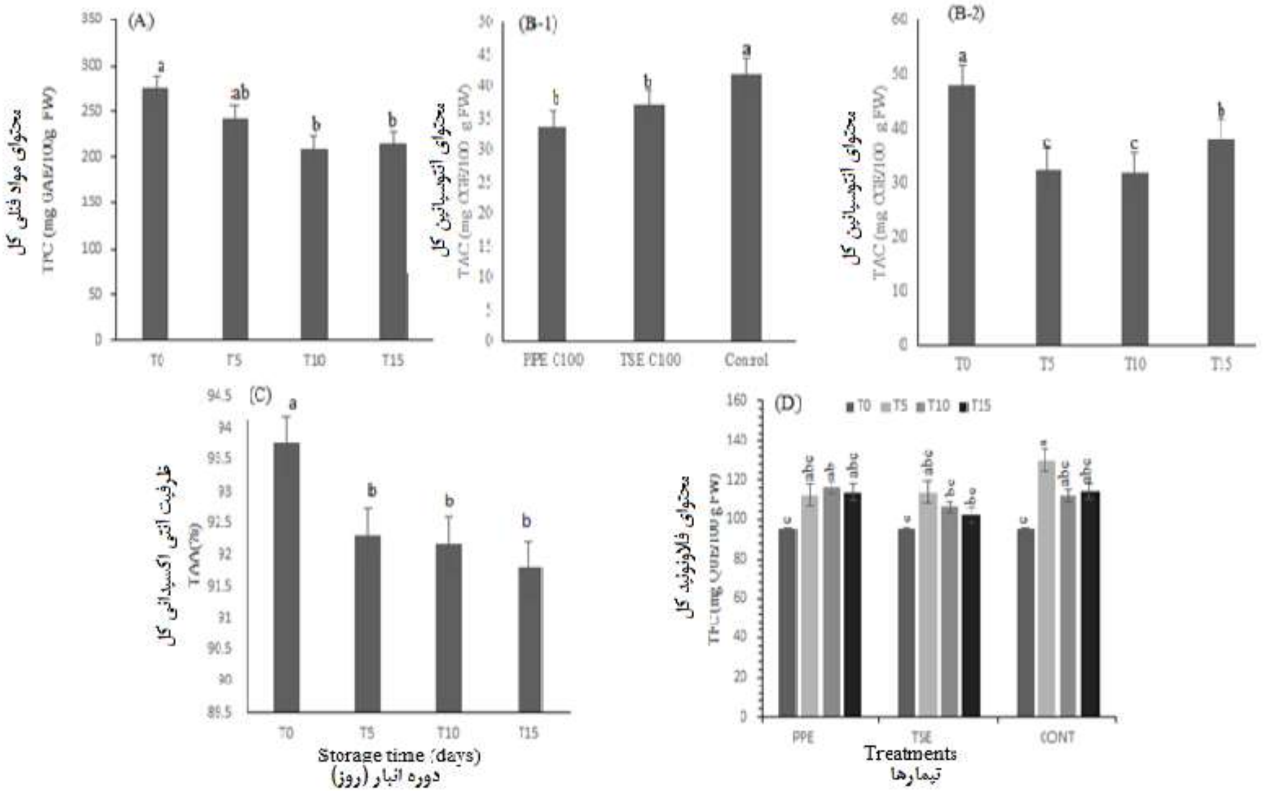
محتوای فنل کل (TPC) طی دوره انبار در پاسخ به فرآیند رسیدن و سایر عواملی که بر بیوسنتز این ترکیبات تاثیرگذارند، کاهش یافت. تنها تأثیر مستقل زمان انبارداری بر محتوای فنل کل در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری نشان داد، اما هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده مشاهده نشد (جدول ۱). داده‌های دوره انبار بیانگر این است که مقادیر TPC پس از ۱۰ روز تقریباً در همه نمونه‌ها کاهش یافته است. کاهش مقادیر TPC در این دوره ممکن است به دلیل شکست احتمالی در ساختار سلولی در نتیجه فرآیند پیری میوه باشد (De Bruno *et al*., 2023). اما در میوه‌های تیمار شده با عصاره پوست انار و شاهد در روز ۱۴ مقدار TPC به صورت جزئی افزایش یافته است. در تیمار پوشش با عصاره پوست انار در روزهای ۱۰ و ۱۵ انبار میزان ترکیبات فنلی به ۲۲۳ و ۲۳۶ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر رسیده است. این برای عصاره نشاء گوجه‌فرنگی برابر با ۲۰۷ و ۱۸۲ میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه بوده است (شکل ۳). روند نزولی و سپس صعودی ترکیبات فنلی طی دوره انبار پس از کاربرد پوشش‌های خوراکی بر مبنای عصاره‌های گیاهی در گزارش سایر پژوهشگران نیز مشاهده می‌شود (Faz *et al*., 2016 ; Quintana *et al*., 2021 Shahi *et*

(Nair *et*; *al*.,2018 و *al*.,2022).

با توجه به گزارش‌های پیشین تغییر و تنوع در میزان ترکیبات فنلی به میزان اسیدیته و مواد جامد محلول بستگی دارد و در نهایت باعث تغییر در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنتوسیانین‌ها می‌شود (Ayhan & Eştürk, 2009). در کاربرد عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی انتظار می‌رود که اثر ممانعت کننده در برابر تخریب دیواره سلولی ایجاد کنند (Akhond *et al*., 2022) و همچنین این ترکیبات مانع افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز شده و باعث حفظ ترکیبات فنلی در میوه‌های تحت تیمار شوند (Asghari *et al*., 2019).

محتوای آنتوسیانین کل

نتایج مربوط به محتوای آنتوسیانین کل (TAC) بر روی نمونه های مورد آزمایش در شکل۳ ارائه شده است. محتوای آنتوسیانین کل میوه‌ها تحت تأثیر پوشش‌های خوراکی و مدت زمان انبارداری قرار گرفت اما اثر متقابل این دو فاکتور (تیمار و زمان انبارمانی) تأثیری بر آن نداشتند. در طول دوره نگهداری در انبار سرد، میوه‌های تیمارهای مختلف روند متفاوتی را نشان دادند. نمونه شاهد در پایان دوره نگهداری (۱۵ روز) بیشترین غلظت TAC را نشان داد. این افزایش می‌تواند در نتیجه از دست رفتن آب‌میوه‌ها به همراه افزایش قند و در نهایت افزایش غلظت آنتوسیانین میوه باشد (Ghorbani *et al*., 2017؛ Mozafari *et al*., 2021). در تیمار PPE تا روز دهم انبار میزان آنتوسیانین در میوه‌ها طی روزهای ذخیره‌سازی کاهش سریع یافته، اما در انتهای دوره TAC افزایش یافته است. این روند در تیمار عصاره نشاء گوجه‌فرنگی متفاوت است بدین معنا که این تیمار در ۵ روز نخست سبب کاهش و سپس روند افزایشی نشان داده است. بیشترین TAC در پایان دوره انبار در تیمار شاهد مشاهده شده است.



شکل ۳- اثرات عصاره پوست انار (PPE) و عصاره نشاء گوجه فرنگی (TSE) بر محتوای فنل کل(A) ، محتوای آنتوسیانین کل (B-1,2) ، فعالیت آنتی اکسیدانی (C) و محتوای فلاونوئید کل (D) میوه توت فرنگی رقم 'پاروس' در زمان نگهداری در سردخانه به مدت ۱۵ روز

Figure 3- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on total phenolic compounds (A), total anthocyanins content (B-1,2), total antioxidant activity (C), and total flavonoids content (D) of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days. (DMRT, $p\leq 0.05$)(Bars=SE)

هم‌زمان با افزایش مدت زمان انبارداری TAC تحت تأثیر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، افزایش می‌یابد (Zahran *et al*., 2015) TAC در میوه توت‌فرنگی در زمان رسیدن میوه تجمع و نقش مهمی در تشخیص رنگ میوه مرغوب دارد. بنابراین تغییر در آنتوسیانین، می‌تواند کیفیت و بازارپسندی میوه را تحت تأثیر قرار دهد (Sogvar *et al*., 2016). عوامل مختلفی ازجمله دما، نور، اکسیژن، اسید آسکوربیک، ترکیبات فنلی، آنزیم‌ها، افزایش زمان نگهداری، اکسیداسیون، افزایش تنفس، تغییر در میزان مواد جامد محلول، اسیدیته و pH، کاهش رطوبت محصول، ساختار و نوع میوه، بر TAC اثرگذار هستند (Faz *et al*., 2016; Shahi *et al*., 2022). در مرحله پس از برداشت تغییر کمی در میزان TAC صورت می‌گیرد اما شرایط انبار ممکن است تغییر بیشتری در مقدار آن‌ها ایجاد کند (Ghorbani *et al*., 2021).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی (ظرفیت مهار رادیکال آزاد DPPH) تحت تاثیر تیمارها و اثر متقابل زمان و تیمار قرار نگرفت ولی دوره انبارمانی در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت داشت. طی ۱۰ روز دوره انبار، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در همه تیمارها کاهش یافته است (شکل ۳). این در حالی است که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این دوره متعلق به تیمار شاهد بود. در پایان دوره انبار در تیمار شاهد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاهش شدید روبرو شد، ولی در پوشش‌های خوارکی PPE و TSE در روز ۱۵ میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته است.

پوشش‌های خوراکی در حین انبارمانی از طریق کاهش محتوای فنل کل و اسید آسکوربیک باعث کاهش میزان ترکیب‌های با خواص آنتی‌اکسیدانی می‌شوند (El-Miniawy *et al*., 2014). به طورکلی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی رابطه مستقیم با افزایش دوره انبار دارد (Sayyari & Gharibi, 2016و Sowmyashree *et al*., 2021). روند افزایشی به نوع رقم میوه، محتوای اسید آسکوربیک و ترکیبات فنلی بستگی دارد (Mozafari *et al*., 2017). روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار پوشش با عصاره پوست انار را می‌توان به آزادسازی ترکیبات فنلی و در عصاره نشاء گوجه‌فرنگی به خواص آلفا توماتین نسبت داد. بااین‌حال هر تیماری که بتواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در میوه را در بالاترین مقدار حفظ کند، بهترین تیمار می‌تواند باشد. حفظ خاصیت آنتی‌اکسیدانی در میوه توت‌فرنگی سبب افزایش مقاومت این محصول در برابر عوامل بیماری‌زا در مدت زمان انبارداری می‌شود. تیمار اسانس و عصاره‌های گیاهی با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه منجر به افزایش انبارمانی میوه می‌شوند (Ghorbani *et al*., 2021). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی موجود در این ترکیبات در ایجاد خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نقش دارند که از تجمع رادیکال‌های آزاد و کاهش آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی درون میوه جلوگیری می‌نماید (Asghari *et al*., 2019). میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارتباط مستقیم با محتوای فنل کل و رابطه ضعیفی با میزان فلاونوئید کل دارد (Ghorbani *et al*., 2021).

محتوی فلاونوئید کل

اثر تیمارهای پوشش خوراکی بر محتوای فلاونوئید کل (TFC) توت‌فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. در همه نمونه‌ها، TFC در طول مدت زمان انبار افزایش یافته است. بین تیمارهای اعمال شده از لحاظ میزان فلاونوئید اختلاف معنی‌داری وجود دارد. PPE در مدت انبار با شیب بسیار آرام سبب افزایش جزئی در میزان فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی شده است. این درحالیست که تیمار TSE و تیمار آب مقطر بعنوان شاهد در روز ۱۰ TFC را کاهش و در فاصله روزهای ۱۰ تا ۱۵ سبب افزایش آن شده‌اند. بنابراین عصاره‌های گیاهی تا حدودی در حفظ TFC می‌توانند کاربرد داشته باشند. در پژوهش‌های انجام‌شده نتایج متفاوتی به‌دست‌آمده است، بدین‌صورت که هم در نتایج افزایش و هم کاهش میزان این پارامتر در مدت انبار مشاهده شده است (Nair *et al*., 2018). فلاونوئیدها از اجزای سیستم آنتی‌اکسیدانی هستند که نقش مهمی در خنثی‌سازی اثر رادیکال‌های آزاد و کاهش اثر تنش‌ها دارند. تولید و تجمع ترکیبات فلاونوئیدی در پاسخ به تنش‌های غیر زیستی مانند دمای پایین انبار افزایش می‌یابد. بنابراین تیمار با اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی باعث تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها می‌شوند (Akhond, *et al*., 2022).

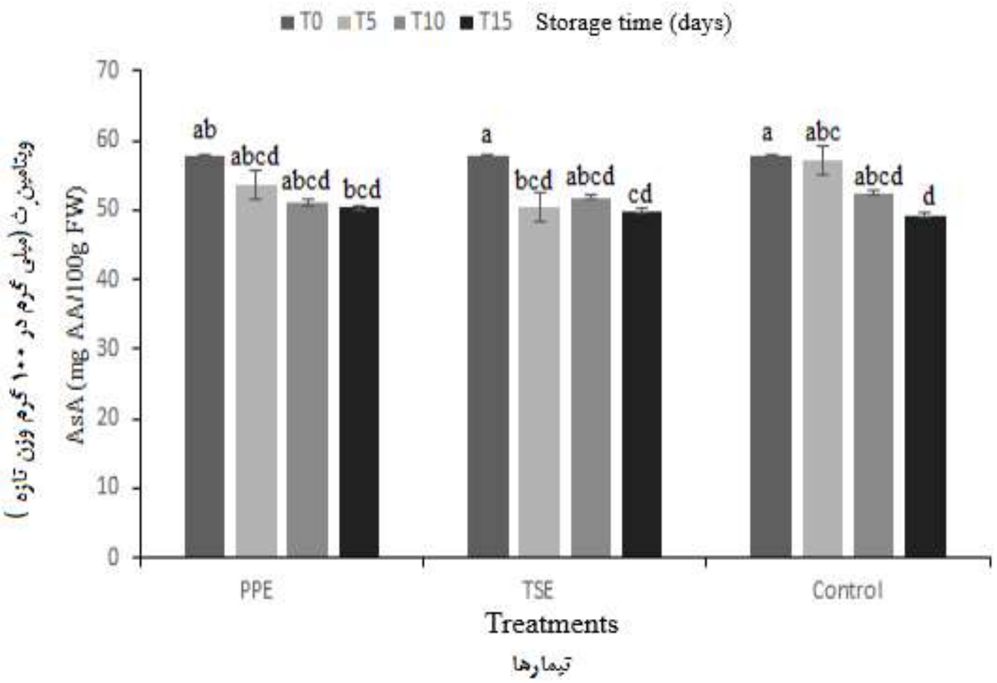
اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک (AsA) یا ویتامین C از اجزای اصلی توت فرنگی است و محتوای این شاخص کیفی میوه به تعریف تازگی میوه مربوط است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان داد تیمارهای مختلف AsA را تحت تأثیر قرار دادند. بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که محتوای AsA در طول دوره ذخیره‌سازی در نتیجه اکسیداسیون و سرعت تنفس میوه کاهش می‌یابد (De Bruno *et al*., 2023). استفاده از پوشش‌های خوراکی در برابر هر دو فرایند اکسیداسیون و تنفس نقش محافظتی دارند. در این پژوهش نیز پس از پایان انبار در میوه‌های پوشش‌دهی شده با PPE و TSE، AsA روند کاهشی داشته است. نمونه شاهد تغییرات

بیشتری در مقدار محتوای AsA در طول دوره انبار نشان داد که کمترین مقدار آن در روز ۱۵ نشان داد. نتایج این پژوهش بیانگر این است که پوشش خوراکی با عصاره‌های گیاهی مورد استفاده شده و مدت انبار، بر محتوای AsA تأثیر معنی‌داری ایجاد کرده‌اند. این نتایج با مطالعه سارېانی و همکاران (Sarebani *et al*., 2020) مطابقت دارد، وی نیز روند کاهشی مشابهی را با افزایش مدت زمان انبارداری در میزان این فاکتور در میوه توت‌فرنگی گزارش کرده است. کاهش میزان AsA در مدت نگهداری در انبار به افزایش اکسیداسیون حاصل از کاهش آب نسبت داده شده است (Pashazadeh *et al*., 2021). پوشش‌های خوراکی با خاصیت نفوذپذیری کم نسبت به اکسیژن باعث کاهش سرعت تنفس و ممانعت از اکسیداسیون اسیدهای آلی می‌شوند (Sowmyashree *et al*., 2021). کاهش میزان AsA در طول دوره انبار به فعالیت آنزیم اسید آسکوربیک اکسیداز، افزایش pH، دما، نور و اکسیژن مربوط می‌باشد (Poraziz *et al*., 2019). تغییر AsA در طول دوره انبار تحت تأثیر رقم و دمای انبار نیز است (Mozafari *et al*., 2017).

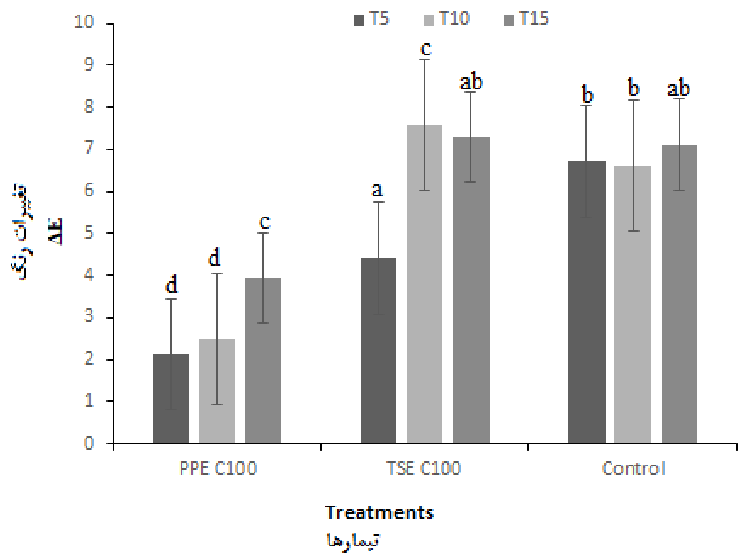
اندازه‌گیری پارامترهای رنگ میوه

در جدول ۲ نتایج مربوط به رنگ سطحی میوه‌ها گزارش شده است. تجزیه و تحلیل آماری تفاوت معنی‌داری را در طول دوره انبار (۱۵ روز) برای L^*، a^*، b^* و chroma (C) در نمونه‌ها نشان داده است. تیمارهای پوشش‌دهی شده و فاقد پوشش در طول دوره انبار روند کاهشی پارامترهای رنگ سطحی را نشان داده‌اند. کاهش رنگ سطحی در میوه‌ها را می‌توان به تأخیر در سنتز رنگ‌دانه‌هایی مانند کارتنوئید و آنتوسیانین نسبت داد (Quintana *et al*., 2021). شاخص‌های رنگ شامل میزان روشنایی یا L^* از رنگ سیاه تا سفید (۰-۱۰۰)، میزان قرمزی یا a^* از سبز تا قرمز (منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰) و میزان زردی یا b^* از آبی تا زرد (منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰) می‌باشد. بیشترین میزان شاخص درخشندگی، شاخص قرمزی، شاخص زردی، شاخص کروما (میزان اشباع شدگی رنگ) و زاویه هیو نشان دهنده حفظ ویژگی‌های رنگ طبیعی میوه (زاویه هیو ۰ و ۳۶۰ درجه نشان‌دهنده رنگ قرمز و زاویه های ۹۰،۱۸۰ و ۲۷۰ به ترتیب بیانگر رنگ زرد، سبز و آبی هستند) از پارامترهای رنگی فوق به دست می‌آیند.



شکل ٤- اثرات عصاره پوست انار (PPE) و عصاره نشاء گوجه فرنگی (TSE) بر محتوای اسید آسکوربیک (AsA) میوه توت فرنگی رقم 'پاروس' طی نگهداری در سردخانه به مدت ۱۵ روز

Figure 4- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on the ascorbic acid content (AsA) of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days (DMRT, $p≤0.05$)(Bars=SE)



شکل ۵- اثرات عصاره پوست انار (PPE) و عصاره نشاء گوجه‌فرنگی (TSE) بر تغییرات کلی رنگ (ΔE) میوه توت فرنگی رقم 'پاروس' در زمان نگهداری در سردخانه (T) به مدت ۱۵ روز

Figure 5- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on changes of ΔE of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days(DMRT, *p≤0.05*)(Bars=SE)

براساس نتایج، با گذشت زمان و همزمان با تخریب رنگدانه‌ها تحت واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی، میزان شاخص‌های رنگی کاهش یافته است. شاخص L^* در نمونه‌های پوشش‌دهی شده مقادیر بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشت ولی این شاخص تحت تأثیر دوره انبار قرار نگرفت. مقایسه میانگین صفات a^*، b^* پس از کاربرد پوشش خوراکی حاوی عصاره‌های گیاهی نشان داد که عصاره‌های مذکور روند کاهشی را در میوه‌های توت فرنگی کنترل کرده‌اند (جدول ۲). بالاترین مقدار پارامتر a^* در تیمار شاهد یافت شد و در همان نمونه افت رنگ قرمز زیادی در طول مدت نگهداری مشاهده شد که احتمالاً به دلیل فسادپذیری سریعتر توت‌فرنگی است. در نمونه TSE مقدار a^* به صورت خطی از ۴۵/۱۰ در روز صفر به ۴۰ در روز ۱۵ کاهش یافت. در تیمار PPE نسبت به دیگر تیمارها و شاهد رنگ قرمز در طول زمان حفظ شد. دلیل آن شاید تاخیر در فعالیت متابولیکی مربوط به رنگدانه قرمز در طول فرایند رسیدن میوه، به ویژه پلارگونیدین-۳-گلوکوزید، که مسئول رنگ است، باشد (De Bruno *et al*., 2023). تمام نمونه‌ها پایداری پارامترهای b^* و C را توانستند حفظ کنند. به صورتی که تغییرات جزئی و ناچیزی درطول مدت انبارمانی داشتند. با توجه به شکل ۵ در پایان دوره انبارمانی به ترتیب بیشترین میزان تغییرات رنگ در تیمار شاهد و TSE به ترتیب با ۷/۱۰ و ۷/۲۹ مشاهده شد در حالی‌که این میزان در تیمار PPE به میزان ۳/۹۴ ثبت شد. تیمار PPE توانسته از تغییرات زیاد رنگ در دوره انبارداری جلوگیری کند این در حالیست که تیمار PPE این توانایی را نداشته است. روند تغییر پارامترهای رنگی در میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر تیمارهای پوشش‌دهی شده با نتایج سایر پژوهشگران تطابق داشت (Nair *et al*., 2018 ; Pashazadeh *et al*., 2021).

در میوه‌ها و سبزی‌ها باگذشت زمان انبار در اثر تنفس و افزایش pH، رنگ‌دانه‌های آن‌ها تجزیه‌شده و درنتیجه کیفیت رنگی و ظاهری آن‌ها کاهش می‌یابد (Daraei Garmakhany *et al*., 2021). اما پوشش‌های خوراکی حاوی اسانس و عصاره‌های گیاهی در حفظ رنگ میوه نقش مهمی دارند. پژوهشگران دریافته‌اند که ترکیبات فنلی موجود در این ترکیبات گیاهی با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی مانع از اکسیداسیون رنگ‌دانه‌های گیاهی در سلول‌ها در دوره انبارداری می‌شوند و آنتوسیانین که بخش مهمی از ترکیبات فنلی است مهمترین رنگدانه توت فرنگی محسوب می‌شود (Sarebani *et al*., 2020).

پوسیدگی میوه

تأثیر تیمارهای مورد استفاده در کاهش میزان پوسیدگی در دوره انبار ارزیابی و نتایج در شکل ۶ ارائه شده است. در ارزیابی انجام شده هرچه میزان کپک زدگی بیشتر بود نمره بالاتری در نظر گرفته شد (۵). در روز ۱۵ انبار میوه‌های توت‌فرنگی پوشش‌دهی شده با PPE با کسب نمره ۳ کمترین مقادیر پوسیدگی را کسب کرده و میزان پوسیدگی در طی دوره انبار را کاهش داده‌اند. این درحالیست که نمونه‌های شاهد کاملاً پوسیده شدند. میوه توت‌فرنگی ازجمله میوه هایی است که به‌شدت به آلودگی به پاتوژن‌ها حساس است و می‌تواند

عمر انباری این محصول را تحت تأثیر قرار دهد (Moshari-Nasirkandi *et al*., 2020). استفاده از پوشش‌های خوارکی سبب کاهش سرعت تجزیه دیواره سلولی می‌شوند (De Bruno *et al*., 2023). عصاره‌های گیاهی مانند پوست انار و نشاء گوجه‌فرنگی می‌توانند به دلیل خواص ضد قارچی خود از حملات قارچی و میکروبی جلوگیری و یا اثر آن‌ها را کاهش دهند. عصاره‌های گیاهی می‌توانند به دلیل داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند punicalagin، ellagic، gallic و chlorogenic acid باعث مهار جوانه‌زنی و عدم رشد میسیلیوم قارچها شوند (Shahbaz *et al*., 2022).

نتیجه‌گیری

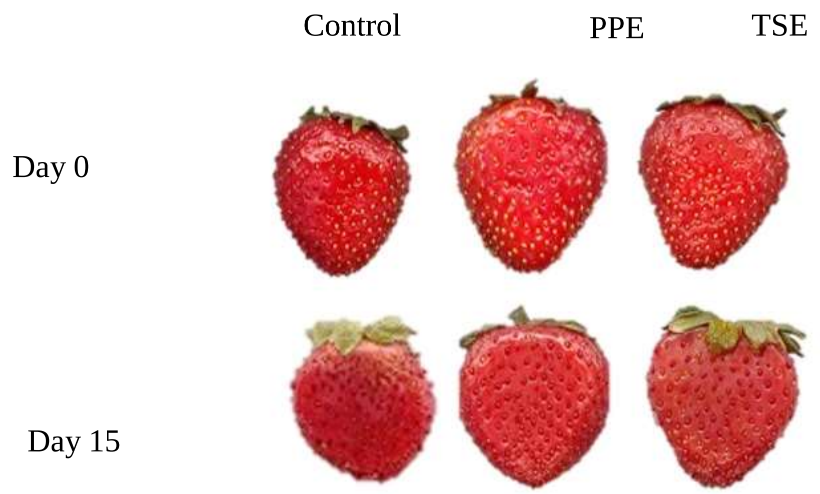
در این مطالعه مشخص شد استفاده از عصاره گیاهی پوست انار و نشاء گوجه فرنگی می‌تواند راه حل موثری برای مدیریت ضایعات توت فرنگی باشد و روشی کاملاً مقرون به‌صرفه است. در این مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی شامل مواد جامد محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین کل، اسید آسکوربیک، درصد پوسیدگی و شاخص‌های رنگ مورد بررسی قرار گرفت. کاربرد عصاره‌های گیاهی به‌عنوان پوشش خوراکی سبب کنترل کاهش وزن در طی مدت انبار شد. علاوه بر آن، سفتی بافت میوه با تیمارها حفظ گردید. استفاده از پوشش‌های خوراکی PPE و TSE می‌تواند جایگزین مناسبی برای تیمارهای شیمیایی باشد و با به تاخیر انداختن فرآیند رسیدن، اثرات مفیدی را در میوه به جای گذارند. کاربرد این ۲ عصاره سبب جلوگیری از کاهش بیش از حد اسیدهای آلی و افزایش pH نمونه‌های توت‌فرنگی نسبت به شاهد شد. از طرفی میزان مواد جامد محلول کل میوه‌ها با افزایش زمان انبار به علت افزایش شدت تنفس و فعل و انفعالات شیمیایی افزایش یافت. که این روند افزایشی در میوه‌های تیمار شده کمتر بود.

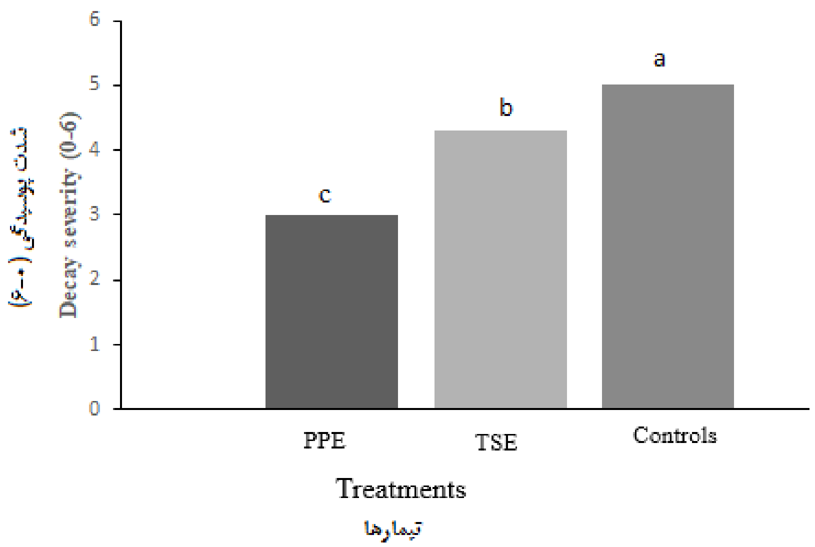
جدول ۲- اثر عصاره پوست انار (PPE) و نشاء گوجه‌فرنگی (TSE) بر شاخص رنگ میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'پاروس' در انبار سرد

Table2- The effect of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on color index of strawberry fruits cv. Paros during cold storage

Storage time (days)	Treatment: Control	PPE	TSE
			L^*
0	27.7ab	27.7ab	27.7ab
5	22.7c	27.73a	26.56ab
10	22.26c	26.46ab	26.33ab
15	21.33c	26.43ab	26.06b
			a^*
0	45.10a	45.10a	45.10a
5	41.06cd	45.10a	41.56bcd
10	41.76bcd	43.53ab	38.60e
15	43.23abc	44.20abc	40e
			b^*
0	30ab	30ab	30ab
5	29.33bc	29.93ab	28.53cd
10	31.27a	31.33a	27.20d
15	28.56bcd	27.26d	25.60e
			C
0	54.20a	54.20a	54.20a
5	50.47c	54.12a	50.42c
10	52.19b	53.64ab	47.22d
15	51.82b	51.93 b	47.49d
			H
0	0.98abc	0.98abc	0.98abc
5	0.95cd	0.98ab	0.97bcd
10	0.92d	0.94cd	0.95cd
15	0.98abc	1.02a	1ab

Note: Data correspond to the means and different small letters in each parameter show significant difference at $p \leq 0.05$ using Duncan's multiple range test.





شکل ٦- اثر عصاره پوست انار (PPE) و نشاء گوجه‌فرنگی (TSE) بر شدت پوسیدگی میوه توت‌فرنگی رقم 'پاروس' ۱۵ روز پس از نگهداری در انبار سرد

Figure 6- The effects of pomegranate peel (PPE) and tomato seedling (TSE) extracts on decay severity of strawberry fruits cv. Paros during cold storage for 15 days. (DMRT, *p≤0.05*)

محتوای فنل کل، آنتوسیانین کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و میزان فلاونوئید کل در مدت انبار روند نزولی داشتند، برتری تیمارهای مورد استفاده این بود که توانسته‌اند شیب کاهش این فاکتورها را ملایمتر کنند. از طرفی کاربرد عصاره‌های گیاهی مذکور باعث حفظ کیفیت ظاهری، درخشندگی، رنگ و بافت میوه توت‌فرنگی شد. استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌ویژه عصاره پوست انار طی دوره انبار در کاهش پوسیدگی بسیار تأثیرگذار بود. تغییرات رنگی سطح میوه‌ها پس از تیمار با عصاره‌های گیاهی بسیار پایین‌تر از تیمار شاهد بودند. به‌طورکلی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، استفاده از پوشش خوراکی حاوی PPE و TSE به‌عنوان یک نگه‌دارنده طبیعی جهت افزایش زمان ماندگاری و حفظ بهتر کیفیت تغذیه‌ای میوه توت‌فرنگی در انبار سرد پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه بوعلی سینا بابت تأمین هزینه‌های رساله و فراهم نمودن شرایط مناسب پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Akhond, M., Heidarizadeh, F., & Kolahi, M. (2022). Comparative study of qualitative and chemical characteristics of Camarosa and Parus strawberry cultivars during 15 days of storage. *Developmental Biology, 14*(2), 43-52. https://doi.org/10.30495/jdb.2022.1941563.1270
2. Akhond, M., Kolahi, M., & Heidarizadeh, F. (2022). Investigation of phytochemical and antioxidant changes of two strawberry fruit cultivars during storage in 4 0C. *Journal of food science and technology(Iran), 19*(127), 255-266. https://doi.org/10.22034/fsct.19.127.25٥
3. Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D.G., & Lightfoot, D.A. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants, 6*(4), 42 .
4. Asgari Marjanlu, A., Mostofi, Y., Shoeibi, S & ,.Maghoumi, M. (2009). Effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). *Journal of Medicinal Plants, 8*(29), 131-139.
5. Asghari, M., Azarsharif, Z., Tajik, H., & Farrokhzad, A. (2019). Effect of galbanum gum coating combined with cumin essential oil and calcium chloride on quality and shelf life of sweet cherry (cv. Siah Mashhad). *Horticultural Science, 32*(4), 665-680.
6. Ayhan, Z., & Eştürk, O. (2009). Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged "ready-to-eat" pomegranate arils. *Journal of Food Science, 74*(5), C399-C405. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01184.x
7. Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H., & Shakarami, K. (2021). Investigation of the effect of flower and leaf ethanolic extract of *Humulus lupulus* plant on the shelf life and quality attributes of strawberry fruits. *Journal of Food Science and Technology(Iran), 17*(109), 75-90. https://doi.org/10.52547/fsct.17.109.75
8. De Bruno, A., Gattuso, A., Ritorto, D., Piscopo, A., & Poiana, M. (2023). Effect of edible coating enriched with naturpal antioxidant extract and Bergamot essential oil on the shelf life of strawberries. *Foods, 12*(3), 488. https://doi.org/10.3390/foods12030488
9. Ebrahimipour Bafghi, M., Dehestani-Ardakani, M., & Gholamnezhad, J. (2020). Effect of pomegranate peel extract, rosmarinus and artemisia essential oils on vase lLife of cut chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* R.). *Plant Productions, 43*(1), 129-143.
10. El-Miniawy, S., Ragab, M., Youssef, S., & Metwally, A. (2014). Influence of foliar spraying of seaweed extract on growth, yield and quality of strawberry plants. *Journal of Applied Sciences Research, 10*, 88-94 .
11. Fawole, O.A., Makunga, N.P., & Opara, U.L. (2012). Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 12*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-200
12. Faz, F.N., Mirdehghan, S.H., Karimi, H., & Alaei, H. (2016). Eeffect of thymol and menthol essential oils combined with packaging with celofan on the maintenance of postharvest quality of strawberry cv. Parus. *Iranian Journal of Horticultural Science, 47*(1), 81-91. https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.58214
13. Feliziani, E., & Romanazzi, G. (2016). Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research ,6*(1), 47-63. https://doi.org/10.3233/JBR-150113
14. Figueiredo-González, M., Valentao, P., Pereira, D.M., & Andrade, P.B. (2017). Further insights on tomato plant: Cytotoxic and antioxidant activity of leaf extracts in human gastric cells. *Food and Chemical Toxicology, 109*, 386-392. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.018
15. Fufa, D.D., Abera, S., Haile, A., & Kumar, V. (2019). Effect of using plant extracts with coating materials on physicochemical quality of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.) stored at ambient temperature. Forte *Journal of Agriculture, 1*(1), 1-16 .
16. Ghorbani, B., Shirzad, H., & Alirezalu, A. (2021). Effect of anisone essential oil on biochemical and shelf life properties of strawberry cultivar 'Albion' *Journal of Plant Research, 34*(2), 412-423.
17. Ismail, T., Sestili, P., & Akhtar, S. (2012). Pomegranate peel and fruit extracts: a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *Journal of Ethnopharmacology, 143*(2), 397-405. https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.004
18. Kaderides, K., Kyriakoudi, A., Mourtzinos, I., & Goula, A.M. (2021). Potential of pomegranate peel extract as a natural additive in foods. *Trends in Food Science & Technology, 115*, 380-390. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.050
19. Kharchoufi, S., Parafati, L., Licciardello, F., Muratore, G., Hamdi, M., Cirvilleri, G., & Restuccia, C. (2018). Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges. *Food Microbiology, 74*, 107-112. https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.03.011
20. Li, J.-W., Ding, S.-D., & Ding, X.-L. (2005). Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry, 40*(11), 3607-3613. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.005
21. Malviya, S., Jha, A., & Hettiarachchy, N. (2014). Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel

extracts. *Journal of Food Science and Technology*, *51*, 4132-4137. https://doi.org/10.1007/s13197-013-0956-4
22. Mohammadrezakhani, S., Pakkish, Z., & Rafeii, S. (2016). Role of brassinosteroid on qualitative characteristics improvement of strawberry fruit cv. Paros. *Journal of Horticultural Science*, *30*(2), 316-326.
23. Moshari-Nasirkandi, A., Alirezalu, A., & Hachesu, M.A .(2020) .Effect of lemon verbena bio-extract on phytochemical and antioxidant capacity of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch. cv. Sabrina) fruit during cold storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *25*, 101613. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101613
24. Mozafari, A.A., Rahimi, R., & Abdousi, V. (2017). Effects of *Echinophora platyloba* essential oil on quantitative and qualitative characteristics of two varieties of strawberries during shelf- life. *Jourrnal of Food Reaserch*, *24*, 87-102 .
25. Nair, M.S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Characterization and antifungal activity of pomegranate peel extract and its uUse in polysaccharide-based edible coatings to extend the shelf-Life of capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, *11*(7), 1317-1327. https://doi.org/10.1007/s11947-018-2101-x
26. Nair, M.S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, *240*, 245-252. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122
27. Mubarb Mayvan, S., Abedi, B., & Moghadam, M. (2017). *The effect of green tea and pomegranate peel extracts on increasing the storage time of Thomson Novel oranges inoculated with Penicillium fungal isolates*. Paper presented at the The fifth international conference of new ideas in agriculture, environment and tourism.
28. Pardini, A., Consumi, M., Leone, G., Bonechi, C., Tamasi, G., Sangiorgio, P., & Magnani, A. (2021). Effect of different post-harvest storage conditions and heat treatment on tomatine content in commercial varieties of green tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, *96*, 103735. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103735
29. Pashazadeh, B., Rad, A.H.E., Najjary, H.H., & Shariaei, P. (2021). Examination of chitosan and extracted coating on qualitative, physicochemical and microbial properties of apple fruit during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *13*(4), 23-42. https://doi.org/10.22069/EJFPP.2022.18777.1651
30. Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M.S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., & Scortichini, M. (2015). Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, *4*(4), 501-523. https://doi.org/10.3390/foods4040501
31. Poraziz, S., Nazoori, F., Mirdehghan, S.H., & Esmailizadeh, M. (2019). ffect of sodium alginate on the shelf life of strawberry fruits (*Fragaria ananassa* L.cv. Gaviota). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *50*(3), 515-526 .
32. Quintana, S.E., Llalla, O., García-Risco, M.R., & Fornari, T. (2021). Comparison between essential oils and supercritical extracts into chitosan-based edible coatings on strawberry quality during cold storage. *The Journal of Supercritical Fluids*, *171*, 105198. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105198
33. Regnier, T., Combrinck, S., & Du Plooy, W. (2012). Essential oils and other plant extracts as food preservatives. *Progress in Food Preservation*, 539-579 . https://doi.org/10.1002/9781119962045.ch26
34. Rezaei, M., Abdollahi, F., Dastjerdi, A.M., & Yousefzadi, M. (2019). Effect of *Ulva flexuosa* Wulfen Seaweed and Shirazi Thyme (*Zataria multiflora*) extracts on qualitative characteristics of Washington Navel Orange under sorage period. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, *8*, 245-258(3).
35. Saleem, M.S., Anjum, M.A., Naz, S., Ali, S., Hussain, S., Azam, M., & Ejaz, S. (2021). Incorporation of ascorbic acid in chitosan-based edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, *189*, 160-169. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051
36. Saleh, I., & Abu-Dieyeh, M. (2022). Novel Prosopis juliflora leaf ethanolic extract coating for extending postharvest shelf-life of strawberries. *Food Control*, *133*, 108641. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108641
37. Sarebani, A., Arshad, M., & Nazari Deljo, M.J. (2020). The Effect of postharvest methyl jasmonate treatment on ethylene biosynthesis, antioxidant capacity and shelf Life of strawberry. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(2), 93-107. https://doi.org/10.47176/jcpp.10.2.33972
38. Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R., Ghorbani, H., & Hadian, J. (2007). A review on medicinal characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Medicinal Plants*, *6*(22), 13-24.
39. Saxena, A., Sharma, L., & Maity, T. (2020) .Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. *In Biopolymer-based Formulations*, 859-880. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816897-4.00034-5
40. Shahbaz, M. U., Arshad, M., Mukhtar, K., Nabi, B. G., Goksen, G., Starowicz, M., Manzoor, M. F. (2022). Natural plant extracts: an update about novel spraying as an alternative of chemical pesticides to extend the postharvest shelf life of fruits and vegetables. Molecules, 27(16), 5152. https://doi.org/10.3390/molecules27165152
41. Sayyari, M., & Gharibi, R. (2016). Effects of Lavender Essential Oil and Methyl Salicylate on Gray Mold Control and Postharvest Quality of Strawberry. *Journal Of Horticultural Science*, *29*(4), 662-670.
42. Shahi, T., Ghorbani, M., Jafari, S. M., Sadeghi Mahoonak, A., Maghsoudlou, Y., & Beigbabaei, A. (2022). Effect

of chitosan nano-coating loaded with pomegranate peel extract on physicochemical and microbial characteristics of pomegranate arils during storage. Journal of food science and technology(Iran), 19(126), 71-85. https://doi.org/10.22034/fsct.19.126.71

43. Shahimoridi, A., & Dastjerdi, A.M.M. (2020). The effects of ethanol extract of red mangrove and eucalyptus leaves on antioxidant capacity, enzyme activity and malondialdehyde of fresh banana fruit. *Journal of Food Researches, 30*(1), 15-28 .
44. Shirzadi, H., Aboutalebi, A.H., & Mohammadi, A.H. (2013). Effect of medicinal exxences oil plant on postharvest life and quality of Valencia sweet orange (*Citrus chinensis* Cv.Valencia) in ambient storage. *Postharvest biology and Technology of Horticultural Crop*, *1*(3), 12-11 .
45. Sogvar, O.B., Saba, M.K., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *114*, 29-35. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019
46. Sowmyashree, A., Sharma, R., Rudra, S.G., & Grover, M. (2021). Layer-by-Layer coating of hydrocolloids and mixed plant extract reduces fruit decay and improves postharvest life of nectarine fruits during cold storage. *Acta Physiologiae Plantarum, 43*(8), 112. https://doi.org/10.1007/s11738-021-03256-8
47. Taherpour, L., Hosseinifarahi, M., & Radi, M. (2020). Application of pomegranate peel extract (PPE) with sodium alginate (Alg-Na) coating on fruit decay control and quality postharvest of sweet lemon fruit cv Mahali. *Journal of Food Technology and Nutrition*, *17*, 107-122 .
48. Yang, C., Lu, J.-H., Xu, M.-T., Shi, X.-C., Song, Z.-W., Chen, T.-M., & Shahriar, M. (2022). Evaluation of chitosan coatings enriched with turmeric and green tea extracts on postharvest preservation of strawberries. *Lwt*, *163*, 113551. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113551
49. Zahran, A., Hassanein, R.A., & AbdelWahab, A.T. (2015). Effect of chitosan on biochemical composition and antioxidant activity of minimally processed ‘Wonderful’pomegranate arils during cold storage. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *88*, 241-248 .